

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3622231 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**H02K 1/28**  
H 02 K 29/00  
// H02K 21/08

⑳ Aktenzeichen: P 36 22 231.3  
㉑ Anmeldetag: 2. 7. 86  
㉒ Offenlegungstag: 7. 1. 88

Erfindungsgegenstand

DE 3622231 A1

㉑ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:  
Strötgen, Eckerhard, Dr., 7000 Stuttgart, DE; Gaiser,  
Manfred, 7035 Waldenbuch, DE

⑤4 **Permanentmagnetrotor für elektrische Maschinen**

Bei einem Permanentmagnetrotor für elektrische Maschinen, bestehend aus einer Rotorwelle (10), auf der Rotorwelle (10) aufliegenden Permanentmagnetsegment (11) und einer die Permanentmagnetsegmente (11) umschließenden Hülse (13) aus nichtmagnetischem Material, sind zur Vereinfachung der Fertigung zwischen den Permanentmagnetsegmenten (11) und der Rotorwelle (10) einerseits und der Hülse (13) andererseits sowie zwischen den Permanentmagnetsegmenten (11) selbst vorhandene Spalte und Hohlräume aus mit einem Kunststoffmaterial (16) ausgefüllt, das aus einer gieß- oder spritzbaren flüssigen Verarbeitungsphase ausgehärtet ist. Das ausgehärtete Kunststoffmaterial (16) sichert die Permanentmagnetsegmente (11) gegen tangentielle Verschiebung auf der Rotorwelle (12), während die Hülse (13) die an den Permanentmagnetsegmenten (11) angreifenden Fliehkräfte aufnimmt (Fig. 1).

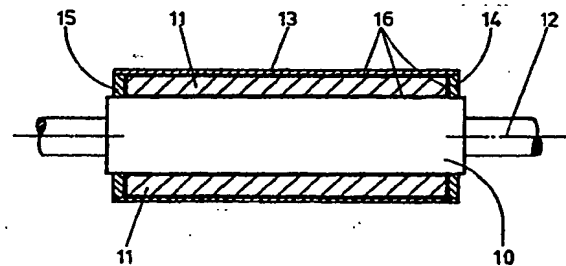


Fig.1

DE 3622231 A1

## Patentansprüche

1. Permanentmagnetrotor für elektrische Maschinen, insbesondere für elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren, mit einer Rotorwelle, mit auf der Rotorwelle aufliegenden Permanentmagnetsegmenten und mit einer zur Rotorachse coaxialen, die Permanentmagnetsegmente umschließenden Hülse aus nichtmagnetischem Material, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Permanentmagnetsegmenten (11; 111, 111') und der Rotorwelle (10; 110) einerseits und der Hülse (13; 113) andererseits sowie zwischen den Permanentmagneten (11; 111, 111') selbst vorhandene Spalte und Hohlräume mit einem Kunststoffmaterial (16; 116) ausgefüllt sind, das aus einer gieß- oder spritzbaren flüssigen Verarbeitungsphase ausgehärtet ist.
2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (13; 113) auf beiden Stirnseiten mit jeweils einem Abschlußring (14, 15; 114, 115) aus nichtmagnetischem Material abgedeckt ist, der vorzugsweise auf die Rotorwelle (10; 110) aufgepreßt oder aufgeschumpft ist.
3. Rotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschlußringe (14, 15; 114, 115) den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie die Hülse (13; 113) und die Rotorwelle (12; 112) aufweisen.
4. Rotor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß auch zwischen den Permanentmagnetsegmenten (11; 111, 111') und den Abschlußringen (14, 15; 114, 115) verbleibende Ringspalte mit dem Kunststoffmaterial (16; 116) ausgefüllt sind.
5. Rotor nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotorwelle (10; 110) eine der Anzahl der über den Rotorwellenumfang angeordneten Permanentmagnetsegmente (11; 111, 111') entsprechende Zahl von gleichmäßig über den Rotorwellenumfang verteilten Längsnuten (17; 117) aufweist und daß die Permanentmagnetsegmente (11; 111, 111') derart auf der Rotorwelle (10; 110) ausgerichtet sind, daß jeweils zwei Permanentmagnetsegmente (11; 111, 111') längs einer Längsnut (17; 117) aneinanderstoßen.
6. Rotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in den Längsnuten (17; 117) Sicherungselemente (18; 123) gegen tangential Verdrehung der Permanentmagnetsegmente (11; 111, 111') relativ zur Rotorwelle (10; 110) einliegen, die zumindest teilweise die Längsnuten (17; 117) ausfüllen und über die Rotorwelle (10; 110) radial vorstehen.
7. Rotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsnuten (17) einen halbkreisförmigen Querschnitt aufweisen und daß die Sicherungselemente als Stäbe (18) kreisförmigen Querschnitts ausgebildet sind.
8. Rotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsnuten (117) einen etwa kreissegmentförmigen Querschnitt aufweisen, daß die Permanentmagnetsegmente (111, 111') an ihren in Rotorwellenumfangsrichtung aneinanderstoßenden Seitenflächen (119, 120) im außen- und innenliegenden Kantenbereich derart abgeschrägt sind, daß zwei aneinanderstoßende Seitenflächen (119, 120) der Permanentmagnetsegmente (111, 111') jeweils zwei radial mit ihren Spitzen einander gegenüberliegende Aussparungen (121, 122) freigeben, und daß die Sicherungselemente als federnde Längsstege (123)

ausgebildet sind, die sich einerseits am Nutgrund (117) und andererseits in der inneren Aussparung (122) an jeweils zwei Permanentmagnetsegmenten (111, 111') abstützen und letztere an die Hülse (113) andrücken.

9. Rotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsstege (123) aus Metall oder Kunststoff bestehen.

10. Rotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsstege (123) durch mittige Abwinkelung eines ebenen Kunststoff- oder Metallstreifens zu einem spitzwinkigen Zwischenkehlprofil hergestellt sind.

11. Rotor nach einem der Ansprüche 1—10, dadurch gekennzeichnet, daß als Kunststoffmaterial Gießharz verwendet wird.

12. Verfahren zur Herstellung eines Rotors mit den Merkmalen nach einem der Ansprüche 1—10, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Rotorwelle (10; 110) einer der beiden Abschlußringe (14, 15; 114, 115) mit darauf aufsitzender Hülse (13, 113) aufgeschumpft oder aufgepreßt wird, daß von der offenen Stirnseite her die Hülse (13; 113) mit einer vorgegebenen Menge in seiner flüssigen Verarbeitungsphase befindlichem Kunststoffmaterial teilweise gefüllt wird, daß danach die Permanentmagnetsegmente (11; 111, 111') in die Hülse (13; 113), ggf. bei gleichzeitigem oder nachfolgendem Einlegen der Sicherungselemente (18; 123), axial bis zum Anschlag an den Abschlußring (14, 15; 114, 115) eingeschoben werden, und daß an der noch offenen Stirnseite der Hülse (13; 113) der zweite Abschlußring (14, 15; 114, 115) bis zur Anlage an der Stirnseite der Permanentmagnetsegmente (11; 111, 111') eingesetzt und auf der Rotorwelle (10; 110) aufgeschumpft bzw. aufgepreßt wird.

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Permanentmagnetrotor für elektrische Maschinen, insbesondere für elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Bei Permanentmagnetrotoren bereitet das Befestigen der schalenförmigen Permanentmagnetsegmente an der Rotorwelle nicht unerhebliche Probleme, da einerseits die an den Permanentmagnetsegmenten angreifenden radialen Flieh- und tangentialen Beschleunigungskräfte beträchtlich sind und andererseits der sehr spröde Magnetwerkstoff eine Bearbeitung der Permanentmagnetsegmente zwecks Anbringung von Befestigungsmitteln nicht erlaubt.

Bei einem bekannten Permanentmagnetrotor der eingangs genannten Art sind zum Auffangen der Beschleunigungskräfte, die eine tangential Verschiebung der Permanentmagnetsegmente relativ zur Rotorwelle, also in deren Umfangsrichtung, hervorrufen, die Permanentmagnetsegmente unmittelbar auf die Rotorwelle aufgeklebt. Eine zur Rotorachse coaxiale Hülse aus nichtmagnetischem Material umschließt die Permanentmagnetsegmente auf deren von der Rotorwelle abgekehrten Außenflächen und fängt damit die Fliehkräfte auf.

Die Montage solcher Permanentmagnetrotoren ist relativ zeitaufwendig, da der Kleber zwischen Rotorwelle und den daran exakt ausgerichteten Permanentmagnetsegmenten in der Montagevorrichtung erst aus-

härten muß, bevor in einem weiteren Arbeitsgang die Hülse aufgesetzt werden kann. Außerdem gibt die Klebung nur für kleinere, mittelschnell drehende Motoren langfristig eine ausreichende Sicherheit gegen eine tangential Verschiebung der Permanentmagnetsegmente. Extreme Betriebsbedingungen müssen dabei ausgeschlossen werden.

#### Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Permanentmagnetrotor mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil einer einfachen rationellen Fertigung. Das positionieren von Hülse, Permanentmagnetsegmenten und Rotorwelle sowie das Befestigen der Permanentmagnetsegmente erfolgt in einem einzigen Arbeitsgang. Die Aushärtung des Kunststoffes kann außerhalb der Montagevorrichtung erfolgen, so daß ein hoher Stückdurchsatz in der Montagevorrichtung erzielt wird. Aufgrund unvermeidlicher Fertigungstoleranzen sind immer Hohlräume und Luftspalte zwischen den Permanentmagnetsegmenten, der Hülse und der Rotorwelle vorhanden, die das Kunststoffmaterial beim Vergießen vollständig ausfüllt. Die nach Aushärten des Kunststoffmaterials sich bildenden Kunststoffschichten sichern die Permanentmagnetsegmente gegen Verdrehung in Tangentialrichtung. Die Fliehkräfte werden nach wie vor von der Hülse aufgefangen. Als Kunststoffmaterial wird dabei vorteilhaft Gießharz verwendet, das einerseits kleinste Hohlräume vollständig ausfüllt und zugleich eine gewisse Klebewirkung zeigt, so daß zu dem durch die Kunststoffschichten gegebenen Formschluß zwischen Rotorwelle und Permanentmagnetsegmenten und Hülse noch eine zusätzliche Klebekraft hinzutritt.

Der erfindungsgemäße Rotor eignet sich hervorragend für kleinere schnellaufende Motoren, da die Kunststoffverspritzung der Permanentmagnetsegmente an der Rotorwelle und Hülse und der dadurch gewonnene Formschluß große Beschleunigungskräfte aufzunehmen vermag und dadurch eine Relativverschiebung der Permanentmagnetsegmente auf der Rotorwelle zuverlässig verhindert ist.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Permanentmagnetrotors möglich.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich dabei aus Anspruch 2. Die Abschlußringe dienen zugleich zum Auswuchten des Rotors, indem an entsprechenden Stellenden Ringe mehr oder weniger große Bohrungen eingebracht werden.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich auch aus Anspruch 5. Durch diese Maßnahmen wird der Formschluß zwischen den Permanentmagnetsegmenten und der Rotorwelle verbessert, so daß höhere Beschleunigungskräfte aufgenommen werden können.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich auch aus Anspruch 6, insbesondere in Verbindung mit Anspruch 7 oder 8. Diese Ausführungsform wird bei größeren schnellaufenden elektrischen Maschinen bevorzugt. Die hier auftretenden extremen Beschleunigungskräfte werden weitgehend von den Sicherungselementen aufgefangen, die größere Scherkräfte aufnehmen können. Zugleich pressen solche Sicherungselemente, insbesondere in der Ausführungsform gemäß Anspruch 8, bei der Montage die Permanentmagnetsegmente gegen die Hülse und erleichtern ein Posi-

tionieren der Permanentmagnetsegmente auf der Rotorwelle.

Ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rotors ist in Anspruch 12 angegeben.

#### Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines Permanentmagnetrotors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 einen Querschnitt des Permanentmagnetrotors in Fig. 1,

Fig. 3 einen Längsschnitt eines Permanentmagnetrotors nach einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß Schnittlinie III-III in Fig. 4,

Fig. 4 einen Querschnitt des Permanentmagnetrotors gemäß Linie IV-IV in Fig. 3,

Fig. 5 eine Draufsicht des Permanentmagnetrotors in Fig. 3.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Der in Fig. 1 im Längsschnitt zu sehende Permanentmagnetrotor für einen elektronisch kommutierten Gleichstrommotor als Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine besteht aus einer massiven Rotorwelle 10 aus Stahl und drei unmittelbar auf der Rotorwelle 10 aufliegenden schalenförmigen Permanentmagnetsegmenten 11. Die Sicherung der Permanentmagnetsegmente 11 gegen Fliehkräfte übernimmt eine zur Rotorachse 12 koaxiale Hülse 13 aus nichtmagnetischem Material. Die Hülse 13 ist auf beiden Stirnseiten mit jeweils einem Abschlußring 14, 15 abgedeckt. Die ebenfalls aus nichtmagnetischem Material bestehenden Abschlußringe 14 sind auf die Rotorwelle 10 aufgepreßt oder aufgeschraubt und werden von der Hülse 13 am Außenrand übergriffen. Das nichtmagnetische Material der Abschlußringe 14, 15 weist den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie die Hülse 13 und die Rotorwelle 12 auf.

Durch unvermeidliche Fertigungstoleranzen verbleiben zwischen den Permanentmagnetsegmenten 11 und der Rotorwelle 10 einerseits und zwischen den Permanentmagnetsegmenten 11 und der Hülse 13 andererseits sowie zwischen den Permanentmagnetsegmenten 11 selbst, Spalte und Hohlräume. Diese Spalte und Hohlräume sind mit einem Kunststoffmaterial ausgefüllt, das aus einer gieß- oder spritzbaren flüssigen Verarbeitungsphase ausgehärtet ist und im ausgehärteten Zustand Kunststoffschichten bildet, die in Fig. 1 und 2 mit 16 als verstärkte Striche angedeutet sind. Solche Kunststoffschichten 16 bilden sich auch zwischen den Stirnseiten der Permanentmagnetsegmenten 11 und den Ringflächen der Abschlußringe 14 bzw. 15 aus. Als Kunststoffmaterial wird vorzugsweise Gießharz verwendet, da es die vorhandenen Spalte und Hohlräume zu 100% ausfüllt und zudem noch eine gewisse Klebewirkung zeigt. Möglich, wenn auch nicht so vorteilhaft, ist die Verwendung von Thermoplast.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist die Rotorwelle 10 mit einer der Anzahl der über den Rotorwellenumfang aneinandergereihten Permanentmagnetsegmenten 11 entsprechenden Zahl, hier drei, von gleichmäßig über den Rotorwellenumfang verteilten Längsnuten 17 versehen. Bei der Montage werden die Permanentmagnetsegmente 11 auf der Rotorwelle 10 derart positioniert, daß je-

weils zwei Permanentmagnetsegmente 11 längs einer Längsnut 17 aneinanderstoßen. Beim Verfüllen des flüssigen Kunststoffmaterials werden diese Längsnuten 17 auch von dem Kunststoffmaterial, hier Gießharz, ausgefüllt, wodurch der Formschluß der sich bildenden Kunststoffschichten 16 zwischen Rotorwelle 10 und Permanentmagnetsegmenten 11 einerseits und Kunststoffhülse 13 andererseits wesentlich verbessert wird.

Zur Aufnahme noch höherer Beschleunigungskräfte können — wie in Fig. 2 angedeutet — in den mit halbkreisförmigem Querschnitt ausgebildeten Längsnuten 17 Sicherungsstäbe 18 aus Kunststoff oder Metall eingelegt werden. Die Sicherungsstäbe 18 stehen dabei über die Rotorwelle 10 vor und ragen zwischen die Stoßflächen der Permanentmagnetsegmente 11 hinein. Sie bilden einen zusätzlichen Formschluß zwischen der Rotorwelle 10 und den Permanentmagnetsegmenten 11 und nehmen dabei den größten Teil der an den Permanentmagnetsegmenten angreifenden Beschleunigungskräfte auf.

Zur Montage des vorstehend beschriebenen Permanentmagnetrotors wird zunächst auf die Rotorwelle 10 einer der beiden Abschlußringe 14, 15 aufgepreßt oder aufgeschraubt und auf diesem die Hülse 13 befestigt. Diese Befestigung kann ebenfalls durch Aufpressen oder Aufschrauben der Hülse 13 auf den Abschlußring 14 bzw. 15 erfolgen, doch ist auch eine Befestigung mittels Umbördelung möglich. Die so vorbereitete Rotorwelle 10 mit Hülse 13 wird aufrecht in eine Montagevorrichtung derart eingesetzt, daß die offene Stirnseite der Hülse 13 oben liegt. Von der offenen Stirnseite her wird nunmehr die Hülse 13 mit einer vorgegebenen Menge Gießharz zum Teil gefüllt. Danach werden die Permanentmagnetsegmente 11 positionsrichtig in die Hülse 13 eingeschoben, wobei ihre Stoßstellen mit den Längsnuten 17 fluchten. Wenn erforderlich, werden nunmehr die Sicherungsstäbe 18 in die Längsnuten 17 eingeschoben, wodurch die Permanentmagnetsegmente 11 an die Hülse 13 angepreßt und gleichzeitig exakt positioniert werden. Beim Einschieben der Permanentmagnetsegmente 11 in die teilweise mit Gießharz gefüllte Hülse 13 steigt das Gießharz in der Hülse 13 nach oben und füllt sämtliche zur Verfügung stehenden Hohlräume und Spalte zwischen Rotorwelle 10, Permanentmagnetsegmenten 11, Hülse 13 und Abschlußring 14 bzw. 15 aus. Am Schluß wird der zweite Abschlußring 14 bzw. 15 aufgesetzt und in gleicher Weise auf der Rotorwelle 10 befestigt. Der fertig montierte Rotor kann nunmehr der Montagevorrichtung entnommen und zur Aushärtung abseits von der Montagevorrichtung gelagert werden.

Der in Fig. 3—5 dargestellte Permanentmagnetrotor stimmt in seinem grundsätzlichen Aufbau mit dem vorstehenden Rotor überein, so daß gleiche Bauteile mit gleichen, jedoch um 100 erhöhten Bezugszeichen versehen sind. Auf der massiven Rotorwelle 110 sind hier insgesamt sechs schalenförmige Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' unmittelbar aufgesetzt. Jeweils drei Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' umschließen aneinandergereiht die Rotorwelle 110. Jeweils zwei Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' liegen in Achsrichtung der Rotorwelle 110 hintereinander. Zum Auffangen der Fliehkräfte ist wiederum eine zur Rotorachse 112 koaxiale Hülse 113 angeordnet, welche die Permanentmagnetsegmente 111 und 111' auf ihrer außenliegenden Oberfläche umschließt. Die Hülse 113 ist auf beiden Seiten mit je einem Abschlußring 114 bzw. gedeckt, die wiederum auf die Rotorwelle 110 aufgeschraubt oder aufgepreßt sind.

Die Rotorwelle 110 weist über den Rotorwellenumfang gleichmäßig verteilte Längsnuten 117 mit kreissegmentförmigem Querschnitt auf. Die Anzahl der Längsnuten, hier drei, entspricht der Anzahl der über den Rotorwellenumfang aneinandergereihten Zahl von Permanentmagnetsegmenten 111 bzw. 111'. Die Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' sind an ihren in Rotorwellenumfangsrichtung aneinanderstoßenden Seitenflächen 119 bzw. 120 im außen- und innenliegenden Kantenbereich derart abgeschrägt, daß zwei aneinanderstoßende Seitenfläche 119 und 120 der Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' jeweils zwei radial mit ihren Spitzen einander gegenüberliegende Aussparungen 121 bzw. 122 freigeben (Fig. 4).

In die kreissegmentförmigen Längsnuten 117 sind als zusätzliche Sicherungselemente für die Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' federnde Längsstege 123 eingelegt. Diese Längsstege 123 können aus Metall oder Kunststoff bestehen und sind durch mittige Abwinkelung eines ebenen Kunststoff- oder Metallstreifens zu einem spitzwinkligen Zweischenkelprofil hergestellt. Die Längsstege 123 stützen sich einerseits am Nutgrund 124 der Längsnuten 117 und andererseits an den die innere Aussparung 122 bildenden Schrägen an den Seitenflächen 119 bzw. 120 der Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' ab. Dadurch werden die Permanentmagnetsegmente 111 bzw. 111' an die Innenwand der Hülse 113 angepreßt und bei der Montage automatisch zentriert. Die verbleibenden Spalte und Hohlräume zwischen den Permanentmagnetsegmenten 111, 111', der Hülse 113 und der Rotorwelle 110 sowie die Längsnuten 117 und die Aussparungen 121 und 122 zwischen den Permanentmagnetsegmenten 111 bzw. 111' sind in gleicher Weise wie bei dem Rotor in Fig. 1 und 2 mit Kunststoffmaterial, vorzugsweise Gießharz, ausgefüllt, das aus seiner flüssigen Verarbeitungsphase ausgehärtet ist. Die von dem Kunststoffmaterial im ausgehärteten Zustand gebildeten Kunststoffschichten 116 sind in Fig. 4 durch verstärkte Linien bzw. durch Punktierung im Bereich der Längsnuten 117 und der Aussparungen 121 und 122 symbolisiert. Die Montage des Rotors gemäß der Darstellung in Fig. 3—5 erfolgt in gleicher Weise wie die des zu Fig. 1 und 2 beschriebenen Rotors, so daß insoweit auf diese Ausführungen verwiesen wird.

- Leerseite -

3622231

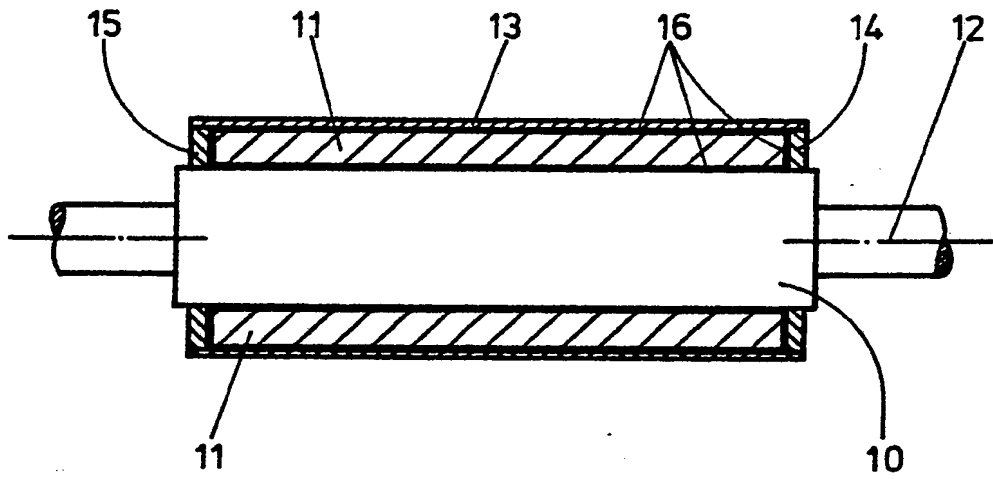


Fig. 1

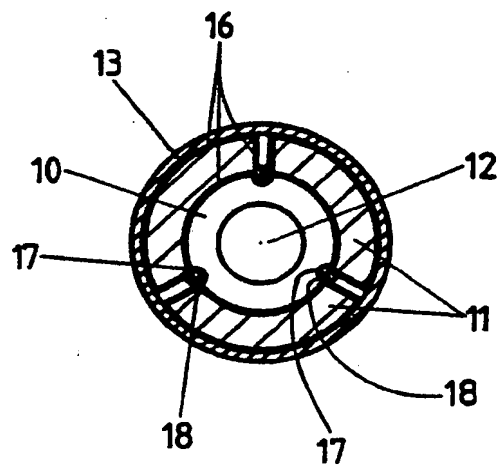


Fig. 2

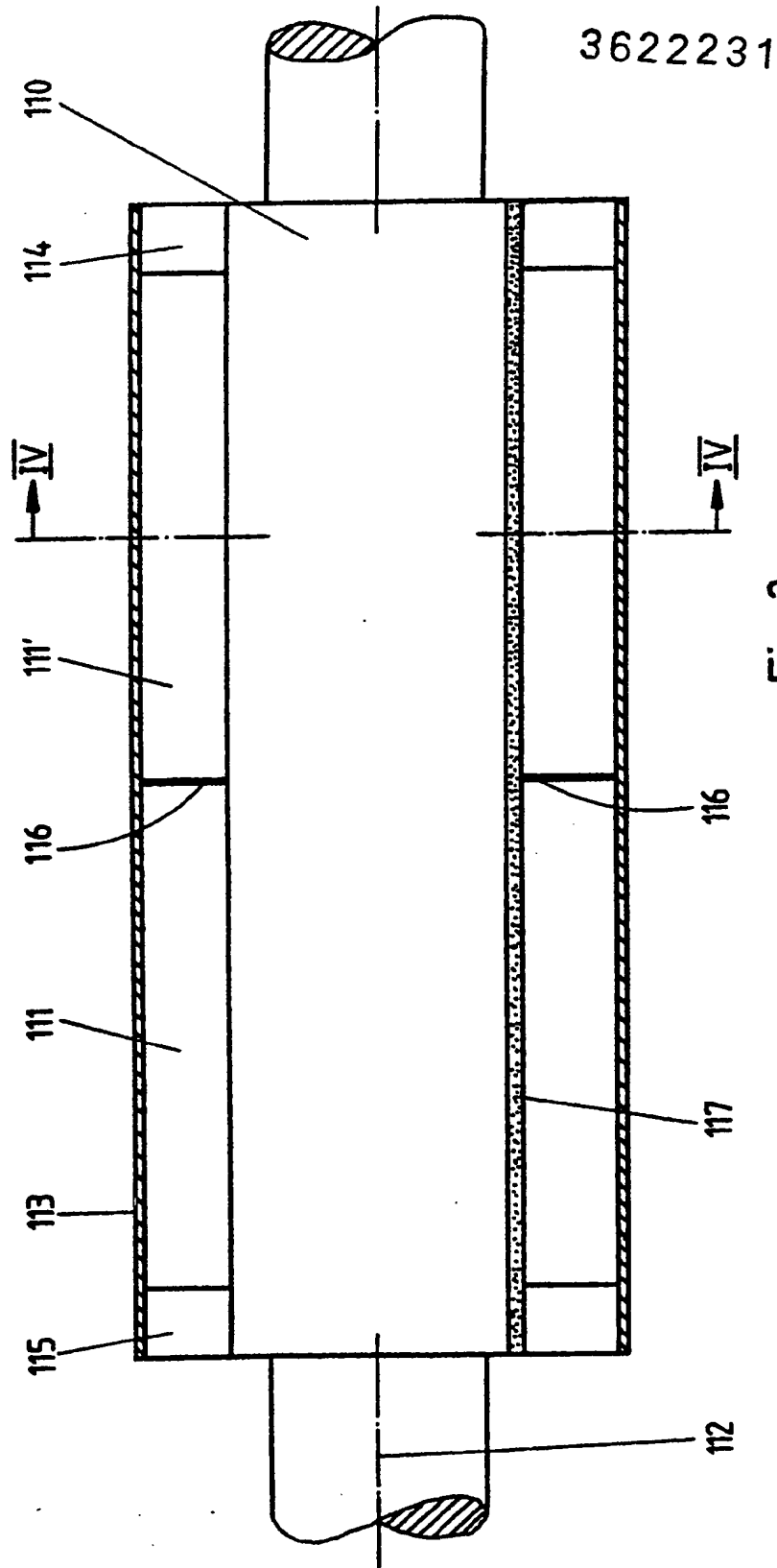


Fig. 3

ORIGINAL INSPECTED

02-07-88

30733

3/3

3622231

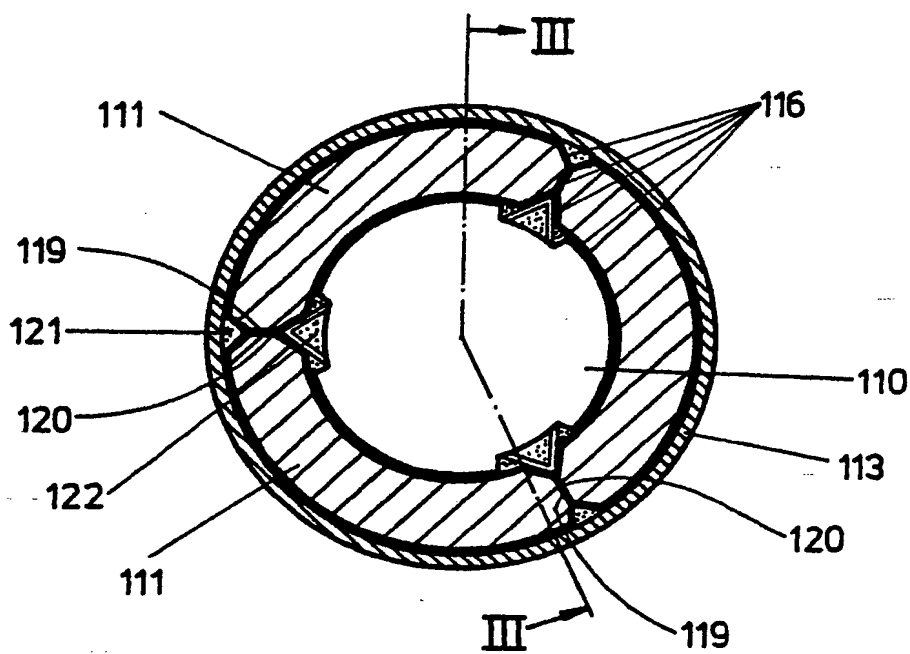


Fig.4

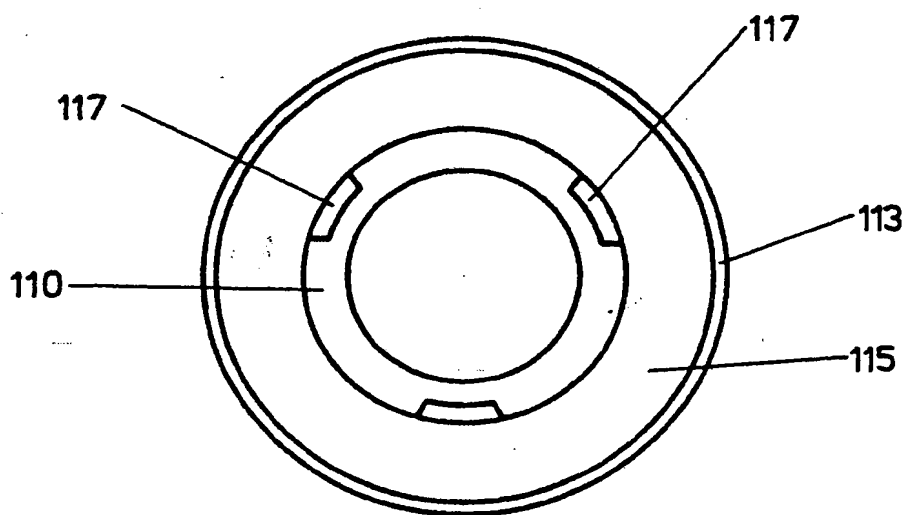


Fig.5

ORIGINAL INSPECTED